INVESTIGACION y CIENCIA

Febrero de 1991 Número 173

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

SECCIONES

COLABORADORES DE ESTE NUMERO

Asesoramiento y traducción:

J. Vilardell: *Hace...* y *Guerra nuclear fortuita*; Manuel Puigcerver: *Superficie de Venus*; Angel González Ureña: *La formación de las moléculas*; José M. García de la Mora: *El legado de la psicología de la forma*; Joandomènec Ros: *Congelados y vivos*; Antonio Rosas: *¿Está en Africa nuestro origen?*; Santiago Torres: *El cuerpo contra sí mismo*; Luis Bou: *Juegos matemáticos*.

Ciencia y sociedad:

Josep-Enric Llebot y Joandoménec Ros

Ciencia y empresa:

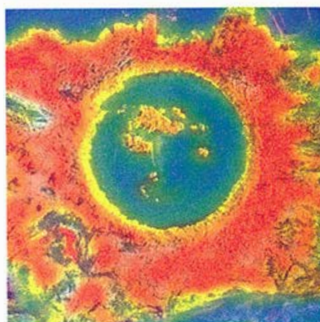
Manuel Puigcerver

Libros:

José Luis Castillo y F. Javier de la Rubia, Josep M. Camarasa, Javier Echevarría, Carlos Gracia y Luis Alonso

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Página	Fuente
6-11	Joe Lertola
12-13	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio/Laboratorio de Propulsión a Chorro
14	Paul Cochnauer
14-15	Peter G. Ford, Instituto de Tecnología de Massachusetts (*a*), NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro (*b* y *c*)
16-17	NASA/Laboratorio de Propulsión a Chorro
19-26	José Mª Martín Senovilla y Magda Mària
42-43	Eadweard Muybridge, Museo de Arte de Philadelphia (*arriba*), Hank Iken (*abajo*)
44	Instituto de Tecnología de California (*arriba*), Hank Iken (*abajo*)
45-47	Hank Iken
51	Bev Doolittle, © 1979 The Greenwich Workshop, Inc.
52	Frederic Lewis, Archive Films
53-54	Johnny Johnson
55-56	Johnny Johnson
58-62	Patricia J. Wynne
63	Kenneth B. Storey y Janet M. Storey
67	Léopold Marboeuf, Biblioteca Pública de Nueva York, Picture Collection
68-71	Ian Worpole, Christopher B. Stringer/Museo del Hombre, Instituto de Paleontología Humana, Paris
72	Ian Worpole
74	Tomo Narashima
76	CNRI/Science Photo Library, Photo Researchers, Inc. (*arriba*), Joe Lertola (*abajo*)
77	Paul Drake
78-79	Joe Lertola
80	Edward Bell, *New Haven RegisterLertola*
80	Edward Bell, *New Haven Register* (*inset*)
81-82	Joe Lertola
83	Gilbert Faure/SPL, Photo Researchers, Inc. (*izquierda*), Moredun Animal Health Ltd./SPL, Photo Researchers, Inc. (*derecha*)
84	Patricia J. Wynne
85-87	Edward Bell



LA IMAGEN de radar de la portada muestra un cráter de impacto de 50 kilómetros de diámetro en Venus, vista enviada por el vehículo espacial *Magellan* (véase "Superficie de Venus", por R. Stephen Saunders, en este número). El falso color realza los detalles: el azul indica las zonas más lisas y menos reflectoras, mientras que el rojo denota las más abruptas y reflectoras al radar. El cráter parece nuevo y bien definido, lo que prueba que en ese planeta se ha producido escasa erosión pese a la densidad de su atmósfera.

INVESTIGACION Y CIENCIA

DIRECTOR GENERAL Francisco Gracia Guillén
DIRECTOR EDITORIAL José María Valderas Gallardo
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN Pilar Bronchal Garfella
PRODUCCIÓN César Redondo Zayas
SECRETARÍA Purificación Mayoral Martínez
EDITA Prensa Científica, S. A. Viladomat, 291 6º 1ª - 08029 Barcelona (ESPAÑA)
Teléfonos 321 81 91 - 321 83 48 Telefax 419 47 82

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR Jonathan Piel
BOARD OF EDITORS Alan Hall, *Executive Editor*; Michelle Press, *Managing Editor*; Timothy M. Beardsley; Elizabeth Corcoran; Deborah Erickson; Marguerite Holloway; John Horgan; Philip Morrison, *Book Editor*; Corey S. Powell; John Rennie; Philip E. Ross; Ricki L. Rusting; Russell Ruthen, Gary Stix; Paul Wallich; Philip M. Yam.
PUBLISHER John J. Moeling, Jr.
ADVERTISING DIRECTOR Robert F. Gregory
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER Claus-Gerhard Firchow
CHAIRMAN OF THE BOARD Georg-Dieter von Holtzbrinck
CHAIRMAN EMERITUS Gerard Piel

SUSCRIPCIONES

Prensa Científica S. A.
Viladomat, 291 6º 1ª
08029 Barcelona (España)
Teléfonos 321 81 91 - 321 83 48

Precios de suscripción, en pesetas:

	Un año	Dos años
España	6600	12.000
Extranjero	7300	13.400

Ejemplares sueltos:

Ordinario: 600 pesetas
Extraordinario: 775 pesetas

- Todos los precios indicados incluyen el IVA, cuando es aplicable.
- En Canarias, Ceuta y Melilla los precios incluyen el transporte aéreo.
- El precio de los ejemplares atrasados es el mismo que el de los actuales.

DISTRIBUCION

para España:

MIDESA
Carretera de Irún, km. 13,350
(Variante de Fuencarral)
28049 Madrid Tel. 652 42 00

para los restantes países:

Prensa Científica, S. A.
Viladomat, 291 6º 1ª - 08029 Barcelona
Teléfonos 321 81 91 - 321 83 48

PUBLICIDAD

Madrid: Gustavo Martínez Ovín
Menorca, 8, bajo, centro, izquierda.
28009 Madrid
Tel. 409 70 45 - Fax 409 70 46

Cataluña: Marcel Klein
M. K. Publicidad
Ortigosa, 14-16, 3º, D. 20
08003 Barcelona
Tel. 268 45 05 - Fax 268 16 07



ISSN 0210-136X Dep. legal: B. 38.999-76

Fotocomposición: Tecfa. Línea Fotocomposición, S.A. Almogàvers, 189 - 08018 Barcelona
Fotocromos reproducidos por Tecfa, S.A. Almogàvers, 189 - 08018 Barcelona
Imprime Rotographik, S.A. Ctra. de Caldes, km 3,7 - Santa Perpètua de la Mogoda (Barcelona)

Printed in Spain - Impreso en España

Guerra nuclear fortuita

La modificación de los arsenales de las superpotencias y la de los procedimientos de manejo podría reducir el riesgo de un apocalipsis atómico desencadenado por azar

Bruce G. Blair y Henry W. Kendall

Si en los próximos diez o veinte años estallara una guerra nuclear, sería probablemente por puro accidente. La amenaza de que alguien lance el primero un ataque calculado y a sangre fría parece desaparecer del horizonte, pero bajo la superficie en calma de la diplomacia constructiva entre quienes fueron los antagonistas nucleares tradicionales acecha el peligro de un empleo impremeditado del armamento nuclear. Una utilización fortuita, no autorizada o involuntaria de estas armas se ha convertido en la senda más plausible hacia una guerra nuclear.

Las dos superpotencias, así como Francia, Gran Bretaña y China (miembros añejos del club nuclear), constituyen gérmenes potenciales de un disparo accidental de misiles. La aparición de nuevas potencias nucleares —pensemos en la India, Pakistán e Israel, algunas equipadas con misiles balísticos— confiere carácter de urgencia a la cuestión de las salvaguardas nucleares dentro de los asuntos prioritarios de la seguridad internacional.

La estabilidad política de alguno de los nuevos países con capacidad nuclear es dudosa, por lo que las salvaguardas, físicas o de procedimiento, con que puedan dotar a sus armas podrían ser fácilmente anuladas. No es probable, empero, que un ataque por parte de uno de esos países, sea contra una superpotencia o contra uno de sus aliados, desencadenase una respuesta nuclear generalizada. La máxima amenaza de guerra nuclear impremeditada se encuentra todavía en los arsenales norteamericano y soviético, por lo que la actuación más prometedora encaminada a mitigar los riesgos radica en introducir cambios en esos arsenales.

La probabilidad de una guerra nuclear fortuita se reduciría no poco si en todas las armas nucleares se instalaran seguros codificados a prueba de manipulaciones y si se introdujeran dispositivos que permitieran desactivar los artefactos nucleares, incluso tras su lanzamiento. Además, norteamericanos y soviéticos deberían fiar menos su política en la peligrosa estrategia de respuesta precoz de contragolpe, así como dilatar el tiempo de reacción, o disponibilidad, de sus fuerzas nucleares.

La agitación social y política dentro de la Unión Soviética suscita temores a una guerra nuclear imprevista. La confusión civil acrecienta la posibilidad de que grupos étnicos rebeldes o facciones disidentes se hagan con armas nucleares. Y otra cuestión: la sociedad soviética sufre dislocaciones profundas que podrían llegar a cuartear los cimientos de su sistema de mando nuclear. Aunque EE.UU. no padezca tales convulsiones sociales, su sistema de mando nuclear no excluye cierto riesgo de que el armamento se empleara contraviniendo las intenciones de las autoridades legítimas.

La propia organización de las fuerzas de misiles, tanto en EE.UU. como en la URSS, hace que sea posible lanzar un gran número de misiles sin autorización con la misma facilidad que uno solo. Un fallo de control en el vértice de la cadena de mando o en niveles más bajos (acaso resultante de una ruptura violenta de las instituciones políticas soviéticas) podría acarrear un ataque que causase enormes destrucciones y provocar, quizás, un intercambio nuclear de mayores proporciones.

Si ocurriera un ataque nuclear procedente de la Unión Soviética, en el lanzamiento mínimo podría intervenir un batallón (de 6 a 10 misiles) e incluso un regimiento (de 18 a 30 misiles). Cada misil transporta hasta 10 ojivas y la salva podría componerse de hasta 300 explosiones nucleares. En EE.UU., en el lanzamiento mínimo podría intervenir bien una escuadrilla de 10 misiles, bien un escuadrón de 50, llevando hasta 500 ojivas, cada una de las cuales de una potencia que multiplica por 25 la de la bomba de Hiroshima. Aunque no siguieran represalias, la destrucción y pérdida de vidas consiguientes empequeñecería a cualquier otra calamidad que hasta ahora haya padecido el género humano.

Los comandantes nucleares, tanto americanos como soviéticos, se enfrentan a un inevitable dilema: deben ejercer un control negativo sobre las armas para evitar que se usen mal, pero también deben ejercer un control positivo para asegurar que se empleen cuando se autorice. Ahora bien, las medidas que reducen la posibilidad de lanzamientos indeseados pueden aumentar la posibilidad de que no se cumplan las órdenes legítimas de lanzamiento. Amparándose en ello, los comandantes nucleares se han opuesto a los dispositivos de seguridad, o salvaguardas, más perfeccionados, arguyendo que tales dispositivos debilitarían la disuasión nuclear. Se han tolerado deficiencias en el control negativo y, aunque se han introducido gradualmente algunas

BRUCE G. BLAIR y HENRY W. KENDALL son, respectivamente, investigador en política exterior del Instituto Brookings y profesor de física en el Instituto de Tecnología de Massachusetts. Blair se dedica al estudio de operaciones nucleares, asignación de blancos, mando y control y salvaguardas. Doctor en investigación operativa por la Universidad de Yale, ha prestado servicio oficial, en la sección de lanzamiento de misiles Minuteman, en el Mando Aéreo Estratégico de EE.UU. Kendall es miembro fundador y actual presidente de la Unión de Científicos Preocupados. Su campo de actividad en la física se centra en las interacciones electromagnética y débil entre partículas elementales. En 1990 compartió el premio Nobel de física por el descubrimiento de los quarks.

medidas correctoras, todavía está por encontrar una solución de compromiso satisfactoria.

Una posición alarmista es injustificable; el objetivo primordial en tiempo de paz de los sistemas de mando nucleares, tanto americanos como soviéticos, es impedir de modo fiable el disparo ilícito o accidental de tan siquiera una sola arma nuclear. La jerarquía nuclear sabe muy bien que probablemente no sobreviviría a las repercusiones políticas de un error importante en el cumplimiento de esa función. Los dos bandos han desarrollado sus armas basándose en unos principios de diseño y unos métodos de utilización refinados para asegurarse un eficaz control negativo sobre decenas de millares de ojivas geográficamente dispersas; hasta la fecha han cumplido su misión.

No obstante, tampoco es justificable una confianza absoluta. Ni el más minucioso estudio de las eventualidades que podrían conducir al desastre agota las posibilidades adversas, tal como atestigua la explosión de la lanzadera espacial *Challenger* y el accidente nuclear de Three Mile Island. Además, los puntos más débiles de las actuales salvaguardas aflorarían seguramente en una crisis, circunstancia en la cual ninguna de las superpotencias posee mucha experiencia en mantener el control negativo.

Durante las crisis, la prioridad de los sistemas de mando nucleares se desplaza hacia el control positivo a expensas de las salvaguardas. Cuando en 1968 los soviéticos invadieron Checoslovaquia, pusieron al menos un ejército de sus fuerzas de cohetes estratégicos una raya por debajo de la máxima alerta. De los parques de almacenamiento retiraron las ojivas y éstas las llevaron a los misiles, listos en sus plataformas de lanzamiento. Con estas operaciones se puso en peligro una firme salvaguarda contra el disparo fortuito: la separación física entre las ojivas y sus rampas de lanzamiento.

Durante la guerra árabe-israelí de 1973 los norteamericanos acometieron acciones semejantes. Así, se aumentó el número de bombarderos de largo alcance en estado de alerta en tierra, se hicieron a la mar los submarinos con misiles nucleares a bordo y casi todos los misiles estratégicos terrestres se pusieron a punto para el lanzamiento. Los comandantes de cada arma sacaron de sus cajas fuertes de doble cerradura las llaves de lanzamiento y los códigos presidenciales de lanzamiento, aumentando con todo ello la posibilidad de que se realizaran disparos no autorizados.

Entre los procedimientos vigentes que desde entonces se añadieron a este nivel de alerta se cuenta la activación de enlaces de radiocomunicación especiales que permiten a un avión del mando militar disparar por control remoto la totalidad de los mil misiles balísticos intercontinentales (abreviadamente ICBM, de "Intercontinental Ballistic Missiles") que los americanos tienen en bases terrestres. Esto disminuye la capacidad de las dotaciones de tierra para vetar una orden de lanzamiento ilícita.

Las acciones emprendidas en este tipo de alertas no pueden ser totalmente controladas por los dirigentes políticos. La vulnerabilidad de las fuerzas nucleares y del mismo sistema de mando ante los ataques nucleares engendra cierta presión para delegar en puntos más bajos de la cadena de mando la autoridad sobre las alertas nucleares y el disparo de las armas.

Sin embargo, norteamericanos y soviéticos parecen disentir sustancialmente acerca del grado en que hay que delegar el control positivo durante una crisis. El sistema de mando americano es descentralizado y permite que el comandante de cada arma decrete cualquiera de los procedimientos de alerta previos al disparo. Así, los jefes militares pueden enviar bombarderos a sus apostaderos cercanos al territorio soviético. Y también ordenar el despegue de los puestos de mando aerotransportados, desde los cuales se dictan las órdenes de

MANDO NUCLEAR NORTEAMERICANO

lanzamiento en caso de que un ataque destruya las bases asentadas en tierra.

Las órdenes que afectan a la disposición de las fuerzas nucleares discurren por canales estrictamente militares, con una supervisión civil marginal. Además, la documentación histórica deja poco resquicio para la duda: los anteriores presidentes delegaron siempre en jefes militares clave la autoridad para ejecutar planes de guerra nuclear caso de fallar las comunicaciones ante un ataque nuclear comprobado contra EE.UU. Existen pruebas sólidas de que tales disposiciones siguen vigentes. Por ejemplo, son numerosas las instalaciones militares en posesión de los códigos necesarios para autorizar lanzamientos. La fracción del arsenal americano cuyos seguros consisten en cerraduras normales puede ser puesta a punto para el disparo por numerosas instancias dentro de la cadena de mando militar.

En contraste, ningún jefe militar soviético posee una autoridad de peso suficiente para alertar las fuerzas nucleares, ni mucho menos para ordenar un ataque. Los cambios del estado de alerta requieren la aprobación explícita de los máximos dirigentes políticos. Además, las órdenes respecto a acciones nucleares parece ser que son procesadas en paralelo por varios canales de control independientes, al objeto de asegurar su estricta conformidad con los planes políticos. Hay unidades del KGB (la policía política secreta soviética) que custodian las armas nucleares tácticas y, según se cree, se encargan de difundir los códigos de desbloqueo entre las fuerzas tácticas y la mayoría de las estratégicas, asegurando así la centralización del control político. Sin embargo, si los códigos se distribuyeran como parte de la preparación para la guerra, se ampliaría el campo de posibilidades para un lanzamiento no autorizado.

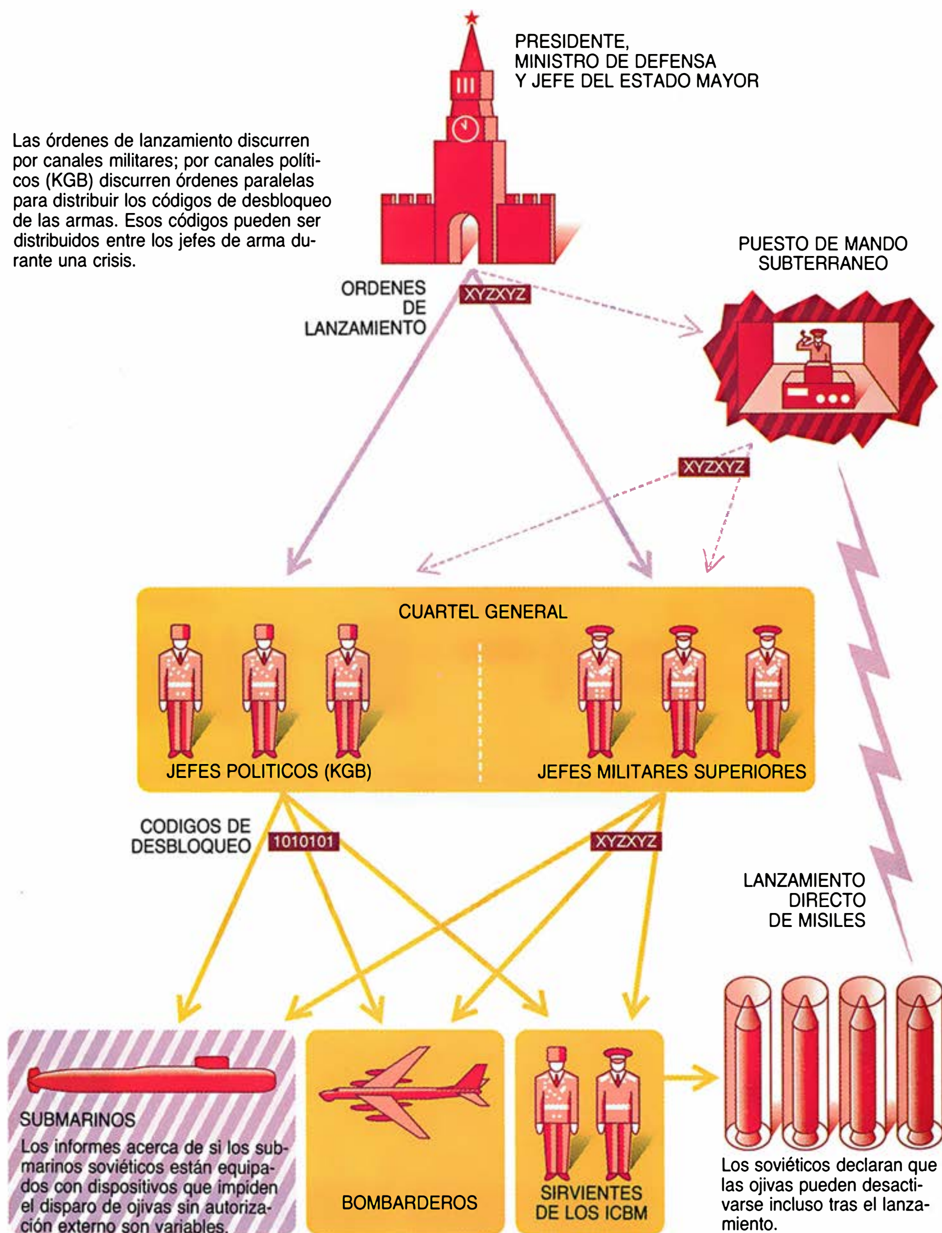
Un punto débil adicional en la prevención de una guerra indeseada yace en la estrategia de respuesta precoz de contragolpe; impone ésta a los jefes militares que disparen misiles de represalia tras la confirmación de un ataque, pero antes de que detonen las ojivas enemigas. Tanto americanos como soviéticos confían en esa estrategia, que requiere un funcionamiento perfecto de los sensores (de los satélites y los terrestres) y un comportamiento sin errores de las personas.

La respuesta precoz de contragolpe obliga a las autoridades a decidir si hay que disparar, y contra qué blancos, en muy poco tiempo y sin una idea muy clara del ataque que se supone está en marcha. Hay que responder sin un recuento definitivo de las ojivas, sin una idea clara de los blancos amenazados, sin predicciones acerca de los daños y bajas previstas, sin conocimiento de los objetivos del ataque y posiblemente sin manera de saber si el ataque es deliberado, accidental o no autorizado. Y aunque dispusieran de toda esta información, en el poco tiempo que permite la respuesta precoz de contragolpe no les sería fácil a los jefes militares hacerse cargo de la situación y reaccionar con la cabeza fría.

Por citar una situación verosímil, el jefe del Mando de la Defensa Aérea Norteamericana (NORAD, de "North American Air Defense Command") dispondría de sólo tres minutos, desde el instante de la señal inicial de ataque, para juzgar si el continente está bajo fuego enemigo o no. Evidentemente, esta decisión (y las siguientes que deben tomarse durante los 10 minutos que dura el vuelo de los misiles lanzados desde submarinos o los 30 minutos de los ICBM) implica grandes riesgos de un lanzamiento de armas precipitado, a causa de falsas alarmas, errores de cálculo o confusiones.

En EE.UU. es corriente que varias veces al día se dé uno de los llamados eventos de misiles, o sea, señales de un posible ataque. Cuando sucede tal evento, el Director Jefe del NORAD debe entablar una consulta especial con el Mando Aéreo Estraté-

MANDO NUCLEAR SOVIETICO



gico y el Pentágono y declarar cuál es su valoración de la amenaza a Norteamérica. Además, cada año millares de señales anómalas de sensores precisan de atención y evaluación urgentes. Entre 1979 y 1984, único período del que se dispone de información oficial, el NORAD evaluó anualmente del orden de 2600 señales de alerta extrañas, de las que una de cada veinte requirieron una valoración ulterior porque parecían entrañar una amenaza.

La mayoría de las falsas alarmas, sean debidas a datos incorrectos, microcircuitos defectuosos u otras averías de funcionamiento, se reconocen enseguida; pero quizás una o dos veces al año una alarma persiste tanto que se decreta una alerta nuclear. El último incidente de este tipo públicamente revelado tuvo lugar en 1980, cuando un microcircuito defectuoso generó señales de un ataque soviético masivo.

En la confusión reinante se declaró una alerta nuclear y el Director Jefe no consiguió emitir a tiempo un informe correcto. (Fue destruido al día siguiente.) La alerta duró más y llegó a un nivel más alto que lo justificable por la situación. En un ambiente de crisis entre las superpotencias, tal confusión podría haber provocado con mayor facilidad que los jefes militares actuaran cual si realmente hubiérase desatado un ataque.

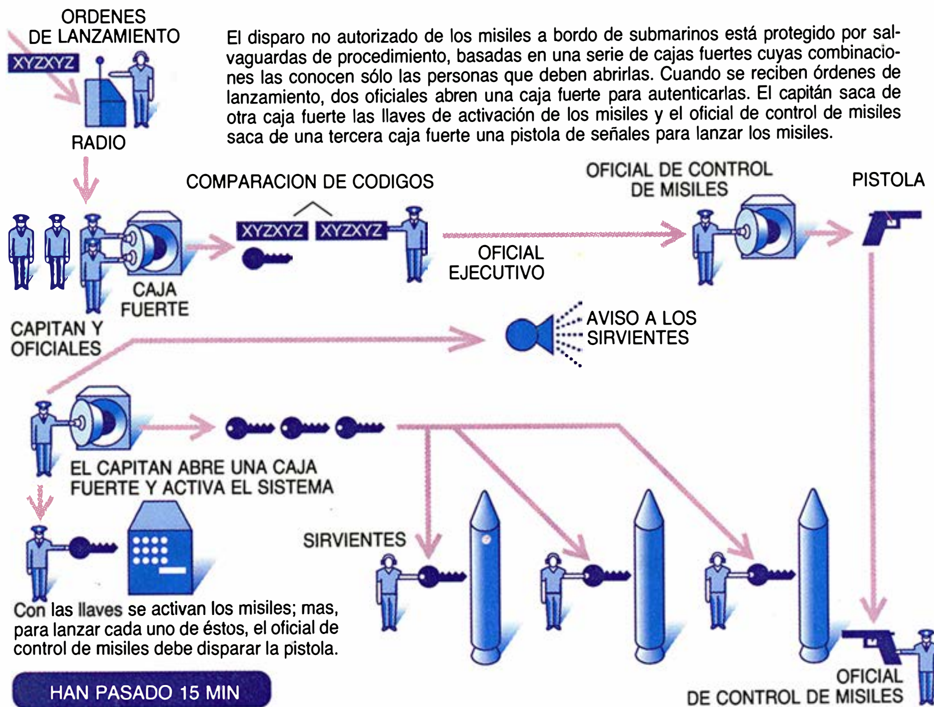
Los procedimientos soviéticos equivalentes para valorar las señales de ataque e iniciar las represalias pecan, parece, de pareja vulnerabilidad a las falsas alarmas. Un general soviético retirado narraba recientemente cómo, en cierta ocasión, fue testigo de señales procedentes de sensores espaciales que alertaban del lanzamiento de misiles americanos Minuteman contra la URSS. Un "operador competente", recordaba el general, determinó que las estelas supuestamente debidas a los escapes de los misiles no eran en realidad sino "motas de luz solar".

Hasta ahora, el personal ha sabido reconocer los fallos de los aparatos que produjeron falsas alertas a tiempo para evitar la guerra. Los mecanismos correctores se han portado aceptablemente, bien que en tiempo de paz cuando los niveles de alerta y ansiedad son bajos.

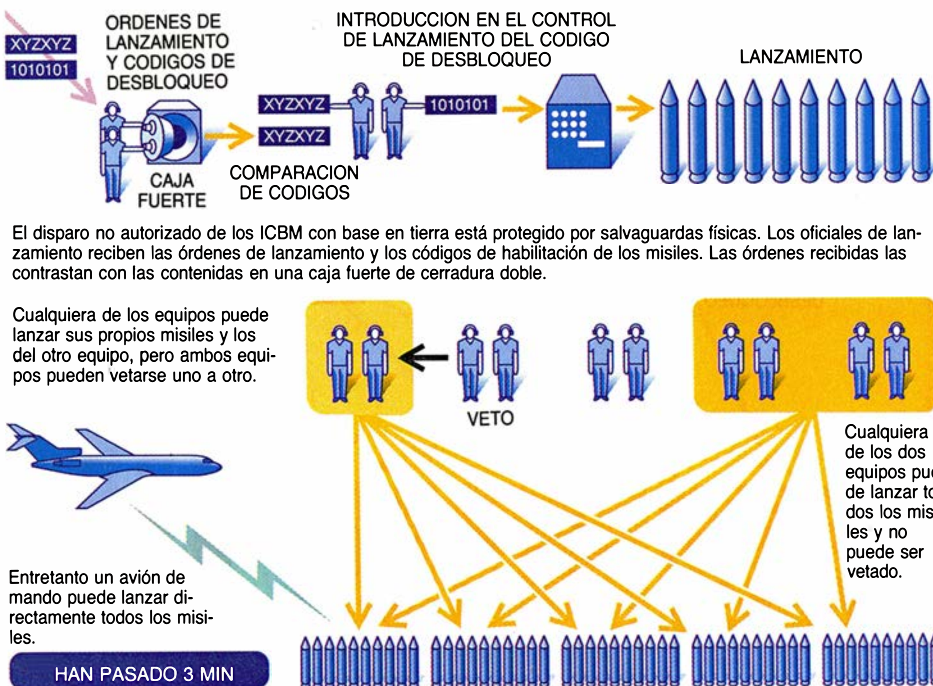
Aun así, en cada caso fueron desactivadas ciertas salvaguardas contra los lanzamientos indeseados. Por ejemplo, en EE.UU. los sirvientes de lanzamiento de los Minuteman retiraron de las cajas fuertes los códigos de autorización y las llaves de lanzamiento. Las tripulaciones de los bombarderos fueron alertadas y despegaron los aviones de mando sin el conocimiento de las autoridades políticas. Con estas actuaciones se corre el riesgo de provocar reacciones soviéticas, las cuales a su vez podrían reforzar la sensación de ataque inmediato en los americanos. La cuestión de si tales interacciones, basadas en falsas alarmas, podrían desencadenar un ataque nuclear sigue pendiente.

Introduciendo cambios técnicos y de procedimiento se reducirían las posibilidades de guerra involuntaria. En cabeza de la lista figura el uso extensivo de los llamados acopladores facultadores de acción (PALS, de "Permissive Action Links"). Estos seguros, o trinquetes, electromecánicos

LANZAMIENTO DESDE UN SUBMARINO NORTEAMERICANO



LANZAMIENTO DE UN ICBM NORTEAMERICANO



impiden que detonen las ojivas a menos que se inserte un código infranqueable. Las autoridades superiores sólo difunden tales códigos entre los jefes de arma cuando el lanzamiento ha sido debidamente decretado. Los PALS impiden los disparos no autorizados a los propios sirvientes del arma y a soldados enemigos o a terroristas que pudieran capturar una ojiva. Hay dispositivos parecidos, llamados sistemas de conmutación codificada, que impiden la apertura de los compartimentos de bombas y el disparo de misiles.

Estos dispositivos fueron adoptados por EE.UU. a comienzos de los años sesenta, instalándolos en las ojivas tácticas asignadas a las fuerzas aliadas acantonadas en ultramar; actualmente, todas las armas tácticas americanas con base en tierra están protegidas por PAL o con sistemas de conmutación codificada. Es de presumir que los misiles soviéticos con base en tierra y sus bombarderos están equipados con dispositivos similares.

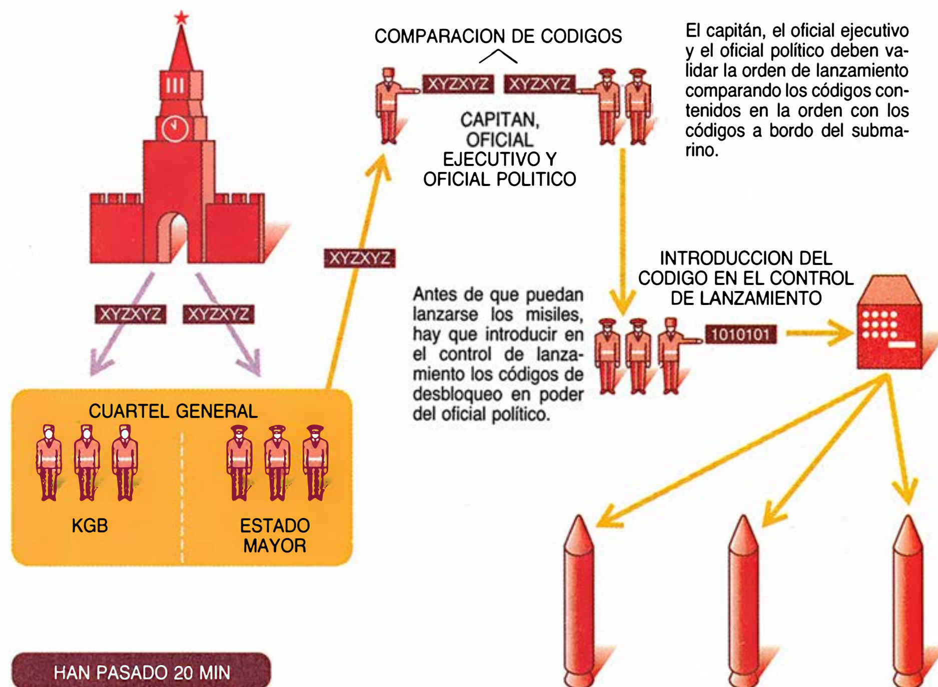
Sin embargo, las fuerzas navales nucleares de ambos bandos no están, por lo general, equipadas con PAL. El consiguiente peligro de lanzamiento accidental reviste especial gravedad en el caso de los misiles crucero lanzados desde el mar. Estas armas son de largo alcance y las transportan buques de superficie y submarinos de ataque que entrarían en combate en las primeras fases de un conflicto. Algunas ojivas británicas y francesas se encuentran en posiciones adelantadas, corriendo el mismo peligro.

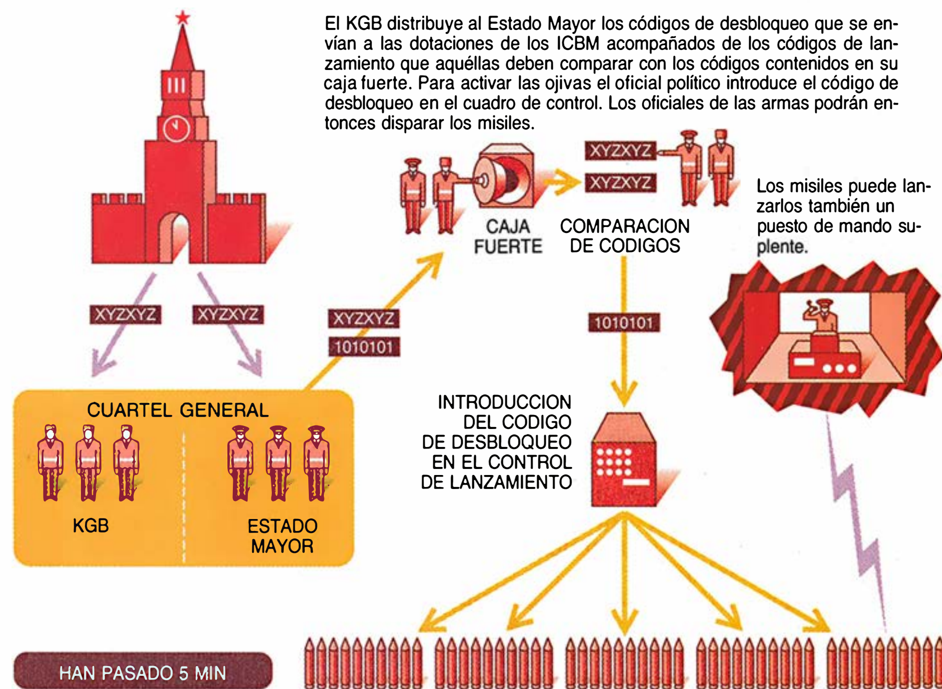
Otra manera de reducir el riesgo de guerra nuclear fortuita sería disminuir la rapidez de reacción. Los autores estimamos que entre el 50 y el 80 por ciento de la fuerza soviética de ICBM se mantiene rutinariamente en configuración de "listos para lanzar". En tiempo de paz, el 15 por ciento de su fuerza de misiles balísticos a bordo de submarinos se encuentra desplegada en el mar y ninguno de sus bombarderos de largo alcance se halla en estado de alerta o siquiera cargado con armas nucleares.

Entretanto, EE.UU. mantiene aproximadamente el 90 por ciento de sus ICBM en estado de "listos para lanzar", capaces de hacer fuego en menos de tres minutos. La mitad de la fuerza submarina de misiles balísticos se encuentra navegando en todo momento y la mitad de esos navíos pueden disparar sus misiles en menos de 15 minutos. La cuarta parte de los bombarderos estratégicos se hallan en estado de alerta en tierra listos para entrar en acción en cinco minutos.

Esta elevada rapidez de reacción es un anacronismo en la nueva era de las relaciones EE.UU.-URSS y plantea un peligro innecesario. Los porcentajes de ambos arsenales en estado de alerta deben reducirse a una fracción de los niveles actuales. Sin erosionar el poder disuasorio podría llevarse a cabo una reducción unilateral a la tercera parte, y cabría recortar más en etapas sucesivas bajo un acuerdo verificable.

Además, las ojivas de las unidades que no estuvieran en alerta inmediata deberían ponerse bajo la custodia de organismos civiles, como estaban en los años cincuenta, cuando se asignó a la Comisión de Energía Atómica la custodia de las armas atómicas en tiempo de paz. El papel civil en la ad-





ministración de las reservas de ojivas debería reforzarse para que, en caso de crisis, el armar unidades con capacidad nuclear quedara bajo un estrecho control político. Aunque no faltan analistas que aducen que el riesgo de una interpretación errónea es menor si las fuerzas nucleares mantienen continuamente una elevada capacidad de reacción, esta postura contradice las tendencias actuales en las relaciones entre las superpotencias.

La adopción de niveles de alerta más bajos permitiría retirar las ojivas u otros componentes vitales cualesquiera de alguna porción del arsenal estratégico, evitándose totalmente de ese modo que un lanzamiento accidental produjera una explosión nuclear. Este peligro no es en absoluto ilusorio. Los soviéticos revelaron hace poco que un misil balístico con cabeza nuclear había sido lanzado accidentalmente durante unas operaciones de mantenimiento rutinario. Afortunadamente cayó a corta distancia de su plataforma de lanzamiento.

La mayoría de los misiles llevan instaladas las ojivas (entre ellos, todos los misiles estratégicos de las potencias nucleares de primera fila). La estrategia de respuesta precoz de contragolpe y los actuales niveles de alerta excluyen cualquier otra configuración. Un acuerdo verificable tendente a separar ojivas y misiles (práctica soviética habitual en los años sesenta) reduciría las posibilidades de un eventual lanzamiento fortuito. Además, este cambio de configuración de las armas sería una forma menos radical, y por ello más aceptable, de control de armamentos.

Acoplar en tiempo de crisis los componentes retirados podría interpretarse como una preparación para el ataque, incrementándose así la posibilidad de guerra fortuita. Como contrapartida, no obstante, la disminución de la posibilidad de lanzamientos accidentales y el alivio de tensiones que supone la existencia de menos misiles listos para hacer fuego inmediatamente pesan más que el peligro de percepción errónea durante una crisis. Además, este último riesgo podrían mitigarlo acuerdos que definan las condiciones en que deben volver a montarse las armas y unos procedimientos de alerta nuclear que garanticen el mantenimiento de un control civil firme.

Cualquiera que sea el nivel de alerta, el factor humano desempeña un papel clave en el riesgo de lanzamientos fortuitos. Todos los integrantes de la cadena de armamento nuclear, desde quienes deciden al máximo nivel hasta los oficiales lanzadores, están sujetos a las fragilidades e inestabilidades humanas. Estas fragilidades se ven agravadas por unas condiciones de trabajo que agudizan el aburrimiento y la sensación de aislamiento. (En los submarinos con misiles, al servicio se le añade la tensión nerviosa que supone adaptarse a un "día" artificial de 18 horas durante los dos meses que dura habitualmente una patrulla.) Tales condiciones pueden a veces acarrear graves trastornos de conducta, entre los que cabe citar el consumo de alcohol, la afición a las drogas y la inestabilidad psíquica y emocional.

Así, en 1989, de los aproximadamente 75.000 miembros del personal militar americano que tenían acceso a armas nucleares y componentes afines, hubo que retirar del servicio a cerca de 2400. De éstos, setecientos treinta abusaban del alcohol o las drogas y los demás padecían trastornos psíquicos o emocionales, eran indisciplinados o incurrían en conductas delictivas. Herbert Abrams, de la Universidad de Stanford, recomienda que se vigile más de cerca el consumo de alcohol y drogas entre los soldados con responsabilidades nucleares y que los médicos que los atienden sean conscientes de las peculiaridades de los deberes que pesan sobre ellos. Además de esto, puede hacerse mucho más para aliviar unas condiciones de trabajo proclives al desequilibrio nervioso. (Todos estos problemas y remedios tienen al menos la misma validez para el aparato nuclear soviético.)

Por su parte, los dirigentes mundiales no están menos sujetos a la presión emocional. Pueden caer en crisis de dependencia del alcohol o de las drogas, sea por prescripción o por automedicación. Estos males afligían a Winston Churchill y a Anthony Eden; Richard M. Nixon estaba tan alterado por el asunto Watergate que no pudo participar en el crucial intercambio de información que, en 1973, tuvo como resultado una alarma nuclear total; posteriormente, altos funcionarios del gobierno tomaron precauciones para evitar que pudiera actuar irracionalmente haciendo uso de su condición de comandante en jefe. Incluso un dirigente tan implacable como Stalin sufría graves tensiones durante los períodos de crisis. Estas flaquezas pueden conllevar cambios de conducta, deterioro de la capacidad de juicio e incluso actos irracionales. Algunos psicólogos sugieren que los dirigentes políticos estén bajo control médico.

Si todas estas medidas no lograsen impedir un lanzamiento fortuito, quedan algunas todavía por tomar para mitigar las consecuencias. Una bastante obvia es reducir el número de ojivas que porta cada misil; otra es desarrollar técnicas para destruir los misiles en vuelo. Una tercera medida sería preparar sistemas detectores de lanzamiento que alerten a ambos bandos de los lanzamientos fortuitos. En el caso de los ICBM bastaría con alguna combinación de sensores ópticos y acústicos; los misiles balísticos lanzados desde submarinos y los misiles crucero requerirían pequeños transmisores que enviaran señales a satélites relé. Un sistema de detección así podría incluir un procedimiento de desactivación al iniciarse la crisis.

Las mejoras del "teléfono rojo" (en servicio desde 1963) reducirían el riesgo de percepciones erróneas acerca de lanzamientos fortuitos, armado de misiles y ojivas y otros actos aparentemente hostiles. El enlace entre EE.UU. y la URSS discurre por un satélite americano y uno soviético empleados primordialmente en comunicaciones civiles, con rutas auxiliares de unión por cable y radio. Pero esta configuración no puede asegurar unas comunicaciones fiables en las condiciones adversas bajo las que puede ser más necesaria. Todas las piezas del sistema son vulnerables al ataque nuclear. Además, las rutas por cable ya han sufrido cortes por descuidos unas cuantas veces. Con satélites antirradiación, exclusivos para este cometido, que funcionen en una banda de frecuencias extremadamente alta, se evitaría que la estática nuclear interrumpiera las señales y sería posible proseguir las conversaciones vía teléfono rojo a través de terminales móviles que podrían acompañar a los centros de mando en sus desplazamientos.

Sin embargo, la actuación decisiva consiste en poner en servicio mecanismos que permitan desactivar los misiles una vez lanzados. Costosos intentos de desarrollar sistemas contra misiles balísticos han desembocado en un callejón sin salida. Las estipulaciones del aún vigente Tratado sobre Limitación de Sistemas contra Misiles Balísticos (conocido como Tratado ABM) limitaría a 100 el despliegue de interceptadores con base en Grand Forks (Dakota del Norte). Este sistema (que costaría unos 10.000 millones de dólares) sólo sería capaz de destruir del orden de 50 vehículos de reentrada y sería ineficaz contra los misiles crucero y los misiles balísticos lanzados desde submarinos. Un sistema más capaz, que rebasaría los límites del Tratado ABM, costaría

mucho más. No existe expectativa realista de que tal proyecto salga adelante.

El único medio plausible para detener un misil tras un lanzamiento fortuito es que el país lanzador lo destruya o dé ocasión al país objetivo para que destruya las ojivas antes del impacto; o sea, un sistema de "orden de destrucción". Lo cierto es que, en 1971, la URSS y EE.UU. firmaron un tratado, aún poco conocido, que estipula lo que ha de hacer cada uno en la eventualidad de un lanzamiento fortuito. Este tratado incluye el acuerdo de que el país "responsable del arma nuclear hará inmediatamente todos los esfuerzos para tomar las medidas *necesarias que tornen inofensiva o destruyan* esa arma sin que cause daño".

Un sistema americano típico podría consistir en una clave codificada generada automáticamente en el momento del lanzamiento, para evitar robos. Tras haberse comprobado el lanzamiento fortuito, la clave sería transmitida a las ojivas, mediante satélites relé específicos, desde un sistema de mando y control especial situado en el Centro Nacional del Mando Militar (el Pentágono). Sería asimismo enviada al país objetivo a través del teléfono rojo, acompañada de datos acerca de las trayectorias de las ojivas, para que pudieran realizarse intentos de destrucción hasta el punto de reentrada. Inmediatamente antes de un lanzamiento autorizado el sistema de destrucción podría ser desactivado por unidades de mando especiales, ajenas al proceso de lanzamiento, al objeto de excluir la remota posibilidad de que el adversario fuera capaz de neutralizar un ataque intencionado.

En las mismas ojivas convendría colocar dispositivos destructores para que quienes hayan de tomar decisiones dispongan del mayor tiempo posible. El mejor punto para la destrucción sería en la mitad de la trayectoria de vuelo, donde los daños serían los mínimos.

Revestiría especial interés, sobre todo en tiempos de crisis, que la destrucción o desactivación pudiera verificarse por ambas partes. Los ICBM podrían emitir una radioseñal codificada o una descarga de tiras de papel metalizado («chaff») visible al radar. Otra posibilidad sería hacer estallar las ojivas con el mínimo rendimiento energético extrayendo el tritio antes de la detonación. Los misiles crucero podrían desactivar sus ojivas, subir luego a elevada altitud, emitir una señal codificada y luego volar hacia el océano o hacia el casquete polar ártico, donde se estrellarían o serían destruidos por una carga explosiva.

Aunque un sistema como éste añadiría peso y complejidad a los vehículos nucleares de reentrada, la incomodidad queda de sobra compensada por la reducción del peligro derivado de un lanzamiento fortuito. Pese a ello, ni los militares americanos ni el Departamento de Defensa han mostrado interés alguno en la adopción de sistemas de órdenes de destrucción. Cosa que resulta sorprendente a la vista de la actitud de la URSS: Viktor Karpov, ministro adjunto de Asuntos Exteriores, nos ha asegurado que los ICBM soviéticos ya llevan sistemas de órdenes de destrucción.

El peligro de explosiones nucleares fortuitas y el riesgo aún peor de guerra nuclear, por reducidos que sean, deben rebajarse aún más. EE.UU. y la URSS deben actuar prontamente para llegar a compromisos aceptables. Cada país goza de amplia libertad de acción para moverse con independencia en este terreno; la mayoría de las mejoras en las salvaguardas pueden llevarse a cabo unilateralmente. Los soviéticos, por ejemplo, han trasladado las armas nucleares desplegadas en zonas de disturbios étnicos a otros parques de almacenamiento en la república rusa. Y proyectan desmantelar las fuerzas de ICBM en Kazajstán, la única región étnica que "hospeda" fuerzas estratégicas soviéticas.

Valdría además la pena que ambos gobiernos intercambiaran opiniones acerca de los riesgos especiales que entrañarían los lanzamientos fortuitos y de las medidas para reducir tales riesgos. Convendría ampliar esas conversaciones para incluir a otros países con arsenales nucleares. Las relaciones nunca han sido más propicias para entablar unas conversaciones fructíferas sobre el tema.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

CRISIS STABILITY AND NUCLEAR WAR, dirigido por Kurt Gottfried y Bruce G. Blair. Oxford University Press, 1988.

ABORTING UNAUTHORIZED LAUNCHES OF NUCLEAR-ARMED MISSILES THROUGH POST-LAUNCH DESTRUCTION. Sherman Frankel en *Science and Global Security*, vol. 2, n.º 1, pag. 1-20; noviembre de 1990.

REDUCING THE DANGERS OF ACCIDENTAL AND UNAUTHORIZED NUCLEAR LAUNCH AND TERRORIST ATTACK: ALTERNATIVES TO A BALLISTIC MISSILE DEFENSE SYSTEM. International Foundation, 1990.

THE LOGIC OF ACCIDENTAL NUCLEAR WAR. Bruce G. Blair, Brookings Institution (en prensa).